ふっ素樹脂製品取扱マニュアル

改訂９版

JFIA　日本弗素樹脂工業会

はじめに

ふっ素樹脂は、その多岐にわたる機能と優れた特性により、広く産業界で利用されており、また多くの用途で家庭用品にまで伸展してまいりました。今後も、高度情報社会の発展を支える機能材料として、また地球環境の保護、新エネルギーの開発に伴う材料として、その果たす役割は大きいものと期待されています。

しかしながら、このふっ素樹脂も、その取扱いに無関心であっては、他の合成樹脂同様、健康上好ましくない事象も発生しかねませんので、事故等の未然防止の必要性を認識して、その取扱いには十分に注意を要します。

そこで、取扱いを正しく理解していただくために、昭和４７年に初版として手引書を作成しました。その後、新たな知見を基に改訂してまいりました。

今回の改訂は、データの最新化を図るとともにふっ素樹脂に関わる最新の環境動向の視点から行いました。

関係各位には本マニュアルを参考にしていただき、労働衛生の確保、環境の配慮に一層の御留意を願い、十分活用していただければ幸いです。

平成２５年３月

環境委員会
委員長　中　野　愛　治

目　　次

はじめに ---- 1

第１章　ふっ素樹脂製品の基礎知識 ---- 3
１．ふっ素樹脂の定義 ---- 3
２．ふっ素樹脂の諸性質 ---- 3
３．生産量及び需要動向の推移 ---- 5
４．ふっ素樹脂の用途 ---- 6

第２章　ふっ素樹脂製品における使用上の注意 ---- 7
１．一般的な使用上の注意 ---- 7
1.1 国内法規の適用について
1.2 保管と火災上の注意
２．二次加工上の注意 ---- 8
2.1 ライニング加工
2.2 機械加工
2.3 金属の溶接とガス切断
2.4 その他の加工
３．熱処理を伴うふっ素樹脂製品の加工上の注意 ---- 9
3.1 ふっ素樹脂製品の溶接・融着加工
3.2 ふっ素樹脂電線端部の熱加工（はんだ付け）
3.3 ふっ素樹脂製品のレーザ加工
４．常温におけるふっ素樹脂製品の安全性 ---- 9
4.1 一般的事項
4.2 食品衛生上の安全性
4.3 ふっ素樹脂中の重金属等
５．廃棄物の処理 ---- 11

第３章　ふっ素樹脂が使われている調理器具の使用上の注意 ---- 13
１．ふっ素樹脂加工の調理器具 ---- 13
２．調理器具の使用上の注意 ---- 13
３．電磁調理器（IH クッキングヒータ）について ---- 13
４．ヒトに対する影響 ---- 14

【参考】ＰＦＯＳ、ＰＦＯＡについて ---- 15

附属資料
Ａ．熱分解について ---- 16
Ｂ．換気について ---- 18
Ｃ．ふっ素樹脂中の重金属等について ---- 21
Ｄ．ふっ素樹脂の重量損失について ---- 22

第１章　　ふっ素樹脂製品の基礎知識

１．ふっ素樹脂の定義

ふっ素樹脂とは、分子中にふっ素原子を含む合成高分子のことで、主に表 1.1 に 8 種類を示します。

表 1.1　ふっ素樹脂の種類

番号	名　　称	基本構造	略　号	CAS No.
1	ポリテトラフルオロエチレン （四ふっ化エチレン樹脂）	$-CF_2-CF_2-CF_2-CF_2-$	PTFE	9002 -84-0
2	パーフルオロアルコキシアルカン （四ふっ化エチレンパーフルオロアルキルビニルエーテル共重合樹脂）	$-CF_2-CF_2-CF(OR_f)-CF_2-$	PFA	26656 -00-5
3	パーフルオロエチレンプロペンコポリマ（四ふっ化エチレン－六ふっ化プロピレン共重合樹脂）	$-CF_2-CF_2-CF(CF_3)-CF_2-$	FEP	25067 -11-2
4	エチレン－テトラフルオロエチレンコポリマ（四ふっ化エチレン－エチレン共重合樹脂）	$-CF_2-CF_2-CH_2-CH_2-$	ETFE	68258 -85-5
5	ポリクロロトリフルオロエチレン （三ふっ化塩化エチレン樹脂）	$-CF_2-CFCl-CF_2-CFCl-$	PCTFE	9002 -83-9
6	エチレン－クロロトリフルオロエチレンコポリマ（三ふっ化塩化エチレン－エチレン共重合樹脂）	$-CF_2-CFCl-CH_2-CH_2-$	ECTFE	110872 -65-6
7	ポリビニリデンフルオライド （ふっ化ビニリデン樹脂）	$-CF_2-CH_2-CF_2-CH_2-$	PVDF	24937 -79-9
8	ポリビニルフルオライド （ふっ化ビニル樹脂）	$-CHF-CH_2-CHF-CH_2-$	PVF	24981 -14-4

＊名称は、JIS K 6935-1(2006 確認)に基づく。

２．ふっ素樹脂の諸性質

ふっ素樹脂は、他の樹脂に比べて、数多くのユニークな特性を兼備している多機能・高機能樹脂です。（表 1.2 参照）

ふっ素樹脂の種類（タイプ）により諸特性に差がありますが、似た傾向の特長を持っています。したがって、ここでは最も使用量の多い PTFE を中心に主な特長を述べることにします。

(1) 低摩擦性　：静摩擦係数＜動摩擦係数、Stick-Slip を生じない。
(2) 非粘着性　：水に対する接触角が大きい、接着エネルギーが小さい。
(3) 耐熱性　　：高融点、無加重の連続最高使用温度。(260℃)
(4) 耐食性　　：酸、アルカリ、溶剤に侵され難い。
(5) 難燃性　　：限界酸素指数が極めて高い、UL（米国 Underwriters Laboratories）の燃焼分類で最も自己消火性の優れた 94V-0 に属する。
(6) 電気特性　：誘電率が低い、電気絶縁性に優れている。

表1.2　ふっ素樹脂特性一覧表（代表値）

特性		単位	試験法			PTFE	PFA	FEP	PCTFE	ETFE	ECTFE	PVDF
物理的	融点	℃	JIS K 6935	対応 ISO 12086	ASTM D 4591	327	310	260	220	270	245	151-178
	密度	g/cm^3	K 7112	1183	D 792	2.13-2.20	2.12-2.17	2.15-2.17	2.10-2.20	1.73-1.74	1.68-1.69	1.75-1.78
機械的	引張強さ	MPa	K 7162	527	D 638	20-35	25-35	20-30	31-41	38-42	41-48	30-70
	伸び	%	同上			200-400	300-350	250-330	80-250	300-400	200-300	20-370
	圧縮強さ	MPa［10%変形］	K 7181	604	D 695	10-15	15-20	14-19	31-51	40-50	35-40	32-74
	アイゾット衝撃強さ	J/m	K 7110	180	D 256	150-160	破壊せず	破壊せず	135-145	破壊せず	破壊せず	160-375
	ロックウェル硬さ	［Rスケール］	K 7202	2039	D 785	R20	R50	R50	R80	R50	R50	R93-116
	ショア硬さ	［Dスケール］	K 7215	2039	D 2240	D50-55	D62-66	D60-65	D75-80	D67-78	D53-57	D64-79
	曲げ弾性率	GPa	K 7171	178	D 790	0.53-0.58	0.54-0.64	0.55-0.67	1.25-1.79	0.90-1.20	0.66-0.69	0.60-1.99
	引張弾性率	GPa	K 7162	527	D 638	0.40-0.60	0.31-0.35	0.32-0.36	1.03-2.10	0.70-0.85	1.55-1.70	0.37-2.58
	動摩擦係数	［0.69MPa, 3m/min］	K 6935		D 1894	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
熱的	熱伝導率	W/m･K	A 1412	8302	C 177	0.23	0.19	0.2	0.22	0.24	0.16	0.17
	比熱	10^{3}J/kg･K	K 7123			1.0	1.0	1.2	0.9	2.0	2.0	1.2
	線膨張係数	10^{-5}/ K (-30℃～+30℃)			D 696	10	12	9	6	6	8	16
	ボールプレッシャ温度	℃	電気用品に用いられる熱可塑性プラスチックのボールプレッシャの登録制度に関する報告書準拠			180	230	170	170	185	180	150
	荷重たわみ温度	℃ [1.81MPa] [0.45MPa]	K 7191	75	D 648	55 120	47 74	50 72	90 126	74 104	77 116	100 156
	使用温度の上限値	℃	K 7226	2578		260	260	200	120	150	150	150
電気的	体積抵抗率	Ω･cm［50%RH, 23℃］	K 6911	IEC 60093	D 257	>10^{18}	>10^{18}	>10^{18}	>10^{18}	>10^{17}	>10^{15}	>10^{15}
	絶縁耐力（短時間）	MV/m［3.2mm 厚］	K 6935	IEC 60243	D 149	19	20	22	22	16	20	11
	比誘電率	［60Hz］ ［10^{3}Hz］ ［10^{6}Hz］	K 6935	IEC 60250	D 150	2.1 2.1 2.1	2.1 2.1 2.1	2.1 2.1 2.1	2.6 2.6 2.6	2.6 2.6 2.6	2.6 2.6 2.6	8.4 7.7 6.4
	誘電正接	［60Hz］ ［10^{3}Hz］ ［10^{6}Hz］	K 6935	IEC 60250	D 150	0.0002 0.0002 0.0002	0.0002 0.0002 0.0003	0.0002 0.0002 0.0005	0.0012 0.025 0.020	0.0006 0.0008 0.005	0.0005 0.0015 0.015	0.049 0.018 0.017
	耐アーク性	sec			D 495	>300	>300	>300	>300	75	18	60
耐久性その他	吸水率	%［24hr］	K 7209	62	D 570	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03
	難燃性	［3.2mm厚］	K 7140	1210	UL-94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
	限界酸素指数（LOI）		K 6935	4589	D 2863	>95	>95	>95	>95	32	60	43
	直射日光の影響					なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
	耐薬品性 酸 アルカリ 有機溶剤				D 543	超優秀 超優秀 超優秀	超優秀 超優秀 超優秀	超優秀 超優秀 超優秀	優秀 優秀 秀	優秀 優秀 優秀	優秀 優秀 優秀	優秀 秀 良

超優秀　：ほとんどの薬品、溶剤に過酷な条件下でも侵されない。
優秀　：一部の薬品、溶剤には特定の条件下では使用を留意する必要がある。
秀　：使用する薬品、溶剤、使用条件を詳細に検討する必要がある。
良　：一部の溶剤に溶ける。

注：（ ）内は、試験条件。

3．生産量及び需要動向の推移

我が国におけるふっ素樹脂生産量及び需要動向の推移を図 1.1 に示します。

2011 年は、国内生産は 29,046 トンですが、出荷分が 27,856 トン、うち輸出が 19,957 トンです。 輸入 8,749 トンを含めて内需は、推定 16,600 トンとなります。

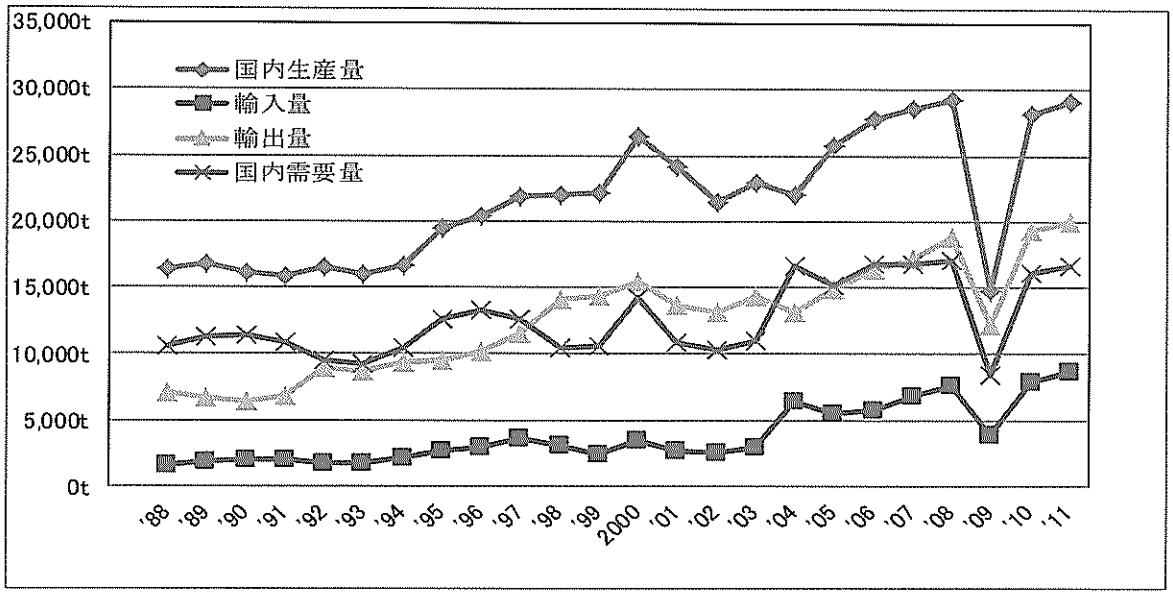
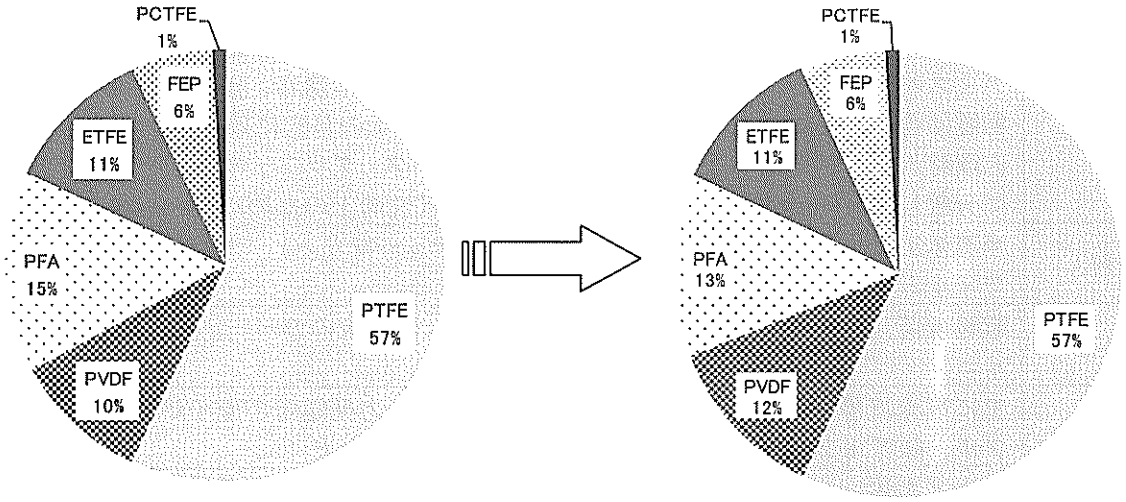


図 1.1 我が国におけるふっ素樹脂生産量及び需要動向の推移

（経済産業省生産動態統計、財務省通関統計）

※国内需要量＝国内出荷量－輸出量＋輸入量

また、ふっ素樹脂種類別の国内需要を図 1.2 に示します。



2007 年度内需 16,800 t　　2011 年度内需　16,600 t

図 1.2 ふっ素樹脂種類別需要推定（日本弗素樹脂工業会調べ）

4．ふっ素樹脂の用途

ふっ素樹脂のユニークな特性を利用した、主な用途分野と使用例を表 1.3 に示します。

表 1.3　主な用途分野と使用例

主な用途分野	具体的使用例
化学工業	配管、継手類、ライニング、バルブ・ポンプ類、塔･槽類 電磁流量計、ホース、ベローズ、パッキン、ガスケット、フィルタ、熱交換器、各種コーティング
半導体・液晶	塔･槽類、薬液搬送用タンク、薬液搬送容器･ボトル、薬液移送ポンプ、チューブ、継手類、配管、フィルタ、ウエハキャリア、各種コーティング
自動車	各種シールリング、燃料ホース、ケーブル、電線及びハーネス、各種コーティング
産業機械	ピストンリング、ベアリング、各種コーティング
電気・電子部品	データ通信ケーブル、耐熱電線、光ファイバ、プリント基板、コネクタ、無給油ベアリング、複写機・プリンタの定着ローラ
衣料等	スポーツウエア、テント、靴
食品	厨房用器具、コンベア、各種食品製造機械
建設・建築	スライディングパッド、テント膜材、各種コーティング
その他	農業用フィルム、実験器具類、電池用バインダ、燃料電池、プラスチック用添加剤、バグフィルタ、医療用器具

また、ふっ素樹脂別の主な用途例を表 1.4 に示します。

表 1.4　ふっ素樹脂別の主な用途例

名称	主な用途
PTFE	モールディングパウダ（パッキン、ガスケット、バルブシート、軸受け、電気部品） ファインパウダ（ネジシール用生テープ、チューブ、電線被覆） ディスパージョン、エナメル（アラミド繊維、ガラス織布、焼結合金などの多孔質物質に含浸して気密性と潤滑性をもたせ、粘着防止の目的に用いる） 充填材入り（ガラス繊維、カーボン繊維、ブロンズ、グラファイトなどの粉末を PTFE に分散し、PTFE の耐圧縮クリープ特性や耐摩耗性向上のために用いられている。）
PFA	半導体工業分野（ウエハバスケット、継手、チューブなど）、ライニング、電線被覆、フィルム
FEP	電線被覆、フィルム（変圧器の絶縁、栽培室、破裂板のカバー、お菓子の焼型）、ライニング
ETFE	主に電線被覆材、コンピュータの機内配線や原子力発電所の原子炉制御関係のケーブル、離型用フィルム、グリーンハウス用フィルムなど
PVDF	バルブ本体、パイプ・ポンプなどの成形品やライニング、コンピュータ用フックアップワイヤ、航空機、ミサイルの接続電線、工業用制御電線など、マイクロフォン、スピーカの圧電素子、超音波探触子、塗料、釣糸、電池用バインダ、耐候性シート

第２章　　ふっ素樹脂製品における使用上の注意

ふっ素樹脂製品は表 1.3 に示しますように、化学、半導体、自動車などのあらゆる分野に使用されています。

製品形態には、フィルム、シート、チューブ、ベルト、射出成形品、建築用膜材、プリント基板、コーティング品、電線、その他成形・加工品など様々な形があります。

素材の加工上、あるいは製品の取扱い、使用上の注意などについて以下に記述します。

１．一般的な使用上の注意

ふっ素樹脂製品は耐熱性に優れていますが、あくまで有機材料であり、高温において、わずかながら熱分解を起します。(附属資料Ａ参照)

一般的には、有機材料の分解ガス等は健康上、安全性の見地から好ましくない物質を含みます。したがって、ふっ素樹脂製品から発生する分解ガスが例え少量であっても、人体にさらされたり、吸引したりする可能性のある状況を避ける必要があります。

特に、ふっ素樹脂のパウダ及び切削くずなどを取り扱う場合には、喫煙具などへの付着に十分注意してください。

1.1 国内法規の適用について

ふっ素樹脂製品の取扱いに関しては国内労働安全衛生法規の適用は受けません。

1.2 保管と火災上の注意

ふっ素樹脂は自己消火性であり、加熱源が取り除かれれば燃焼は止まりますが、火災が発生して周囲が燃え続ければふっ素樹脂も同様に燃焼し、その結果、分解ガスが発生します。分解ガスは、有毒なものも含まれ、その場合、消火に当たる人達や、風下にいる人達の安全が問題になります。

このため、保管及び火災上の注意については、次の点に留意する必要があります。

(1) 一般にふっ素樹脂製品を保管する場合はペイント、溶剤のような可燃性物質などから離れたところに保管する。
(2) 万一火災が発生し保管場所へ入っていく場合は、新鮮な空気の供給装置又は自給式呼吸器を用意する。(火災のときに使用される標準タイプでよい。)
(3) ふっ素樹脂は化学的に不活性なので、消火剤は全ての種類のものを使用することができる。多量の水を冷却と鎮火の目的で使用してもよい。
(4) 火災の場合は風上の方に避難する。

2．二次加工上の注意

切削、研磨などの機械加工の場合は一般的な切削くず、研磨くずの発生による粉じん飛散に対する対応を行うことが必要です。また、溶接など加熱を伴う加工の場合は熱分解生成物が発生する可能性がありますので(**附属資料Ａ参照**)、**附属資料Ｂ**に従い換気などの措置を行ってください。代表的な二次加工の例を以下に記載します。

2.1 ライニング加工

ライニング加工には、直接ライニング基材(鋼管及び缶体をいう)に成形する方法と別工程で作られたライニング材を基材に挿入、又は接着し、継ぎ目部分がある場合は、そのライニング材の継ぎ目部分を溶接、接合あるいは接着する方法の二つがあります。

特に後者は、大きな又は複雑なライニング加工として継ぎ目部分の処理を経て加工されるので、以下のような分解ガスの対策が必要です。

(1) 室内で基材にライニング加工(溶接等)を行う場合は全体換気装置を稼動した上で作業する。できればその近傍に局所排気用のフードを設置して作業する。(**附属資料Ｂ参照**)
(2) 基材表面にライニング材を接着剤で貼り付ける場合は、有機溶剤等による中毒を防止するために、基材内部に新鮮な空気を送る。
(3) 加工する基材が比較的大きく、作業者が基材内部に身体あるいはその一部を突っ込みながら作業するときは、溶接によって発生した分解ガスの吸引を防止するため、基材内部に溶接条件を損なわない程度の新鮮な空気を送り、作業者には送気式マスクを装着させるとよい。

2.2 機械加工

旋盤又はフライス盤による切削加工、丸鋸などの機械加工は、ふっ素樹脂にとって日常的に行われる加工ですが、以下の点に注意して行うことが必要です。

(1) 温度が 260℃を超えるおそれがある場合は換気を行う。(**附属資料Ｂ参照**)
(2) 丸鋸などによる基材(板、丸棒)の切断は切削くずが飛散するので、安全眼鏡を着用する。切削くずの飛散は作業環境上にも影響するので，集じん装置を設置する。
(3) 機械加工の作業者は作業後、作業衣等に付着した切削くずの除去に努め、喫煙によるポリマ煙熱の発生を防止する。

2.3 金属の溶接とガス切断

ふっ素樹脂ライニング製品、コーティング製品に接着剤などで取り付けた金属部品をアークやトーチで切断、溶接することは避けてください。万一、切断、溶接する場合は分解ガスが発生するので、局所排気又は送気式マスクの着用などの措置を講じてください。(**附属資料Ｂ参照**)

2.4 その他の加工

上述の加工以外にチューブの曲げ、引伸ばし、異形加工などの加工を行う場合、過熱しないように留意し、作業場全体の換気を行うことが望ましい。

可能であれば局所排気フードを設置し、分解ガスなどを極力吸い込むことがないよう注意してください。

3．熱処理を伴うふっ素樹脂製品の加工上の注意

3.1 ふっ素樹脂製品の溶接・融着加工

溶接・融着加工は、ふっ素樹脂製品を融点以上に加熱、加圧する作業方法のため、作業時に有害な物質が発生します。(**附属資料Ａ**参照) したがって、作業時には局所排気装置を設置してください。

なお、塔・槽類内部での溶接作業などで局所排気装置を設置できない作業場所では、作業者に送気マスクを着用するよう指導してください。

3.2 ふっ素樹脂電線端部の熱加工（はんだ付け）

はんだ付け作業は、鉛中毒予防規則に該当しますので、同規則により局所排気装置又は全体換気装置を設置し、作業場所の換気を十分に行ってください。作業場所の換気が十分に行われていれば、ふっ素樹脂の分解ガスによる影響はありません。

鉛フリーはんだの場合では、溶融温度が上がり、はんだコテ温度がふっ素樹脂の融点を超える設定となるため、同様に換気を十分に行ってください。

3.3 ふっ素樹脂製品のレーザ加工

レーザ加工は、レーザが当たった場所を局所的に高熱で溶融、分解、蒸発させる作業方法のため、どのような分解生成物質であるか不明ですが、有害な分解ガスが発生する可能性があると考えられますので、作業場所は十分に換気を行ってください。(**附属資料Ｂ**参照)

4．常温におけるふっ素樹脂製品の安全性

4.1 一般的事項

常温におけるふっ素樹脂は、生理的に不活性であり、人体に対して皮膚を刺激したり、過敏症になったりすることもなく、何ら問題はありません。

4.2 食品衛生上の安全性

(1) 米国における規格

「連邦食品医薬品化粧品法（FFDCA: Federal Food Drug and Cosmetic Act）」の規定に基づき、米国食品医薬局（FDA: Food and Drug Administration）が管轄しています。ふっ素樹脂を含むプラスチックに関しては、食品製造、包装、輸送、保管等に使用される物品を構成する「物質」として、「間接食品用添加物（Indirect Food

Additive）」と「食品接触物質(FCS: Food Contact Substance)」があり、間接食品用添加物のふっ素樹脂の適用箇所を表2.1に、食品接触物質のふっ素樹脂の適用事例を表2.2に示します。

表2.1　ふっ素樹脂のFDA適用箇所

ふっ素樹脂の種類	記載箇所
PTFE、FEP、PFA	§177.1550　Perfluorocarbon resins
PCTFE、ECTFE	§177.1380　Fluorocarbon resins
PVDF	§177.2510　Polyvinylidene fluoride resins

備考：連邦規則(CFR: Code of Federal Regulation)、21章(Title 21　"Food and Drugs")、177条(Part 177　"Indirect Food additives: Polymers")に、上記の番号とタイトルで物質や試験条件などが記載されています。以下のFDAのサイトで、連邦規則21章177条を確認することができます(2012年9月現在)。
http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=177

表2.2 FCN(Food Contact Notification:食品接触物質の上市前届出)の適用事例

項　目	内　　容
FCN No.	481
Food Contact Substance (FCS)	Tetrafluoroethylene-ethylene-3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 6-nonafluoro-1-hexene terpolymer (CAS Reg. No. 68258-85-5)　注) ETFEの化合物名称
Notifier	
Manufacturer of the FCS	
Intended Use	The FCS will be used as a base resin or coating in repeat-use applications.
Limitations/ Specifications	For use as a base resin or coating in repeat-use applications in contact with all food types at temperatures up to 302° F (150° C).
Effective Date	May 10, 2005
Environmental Decision	http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/Environmentaldecisions/ default.html

備考：FFDCAの関係法令21号(21 United States Code)、348条(h)(2)(c)に基づき、必要な認証試験を経たふっ素樹脂の種類、メーカごとにリスト（Inventory of Effective Food Contact Substance Notification）に記載されます。詳細は、FDAの以下の公式サイトを参照ください(2012年9月現在)。
http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnNavigation.cfm?rpt=fcsListing

(2) 日本の食品衛生法による試験

食品衛生法に基づく器具、容器等に関する試験は、表2.3に示す「食品、添加物等の規格基準（昭和34年厚生省告示第370号)」に記載されています。(ふっ素樹脂は個別規格がないため、一般規格のみ適用されます。)

適正な加工条件で成形されたふっ素樹脂製品・コーティング製品は、いずれも前述の基準に適合することが確認されています。

表 2.3 食品衛生法に基づく合成樹脂の容器、包装等の基準

試験区分	試験項目（一般規格）	基準値（ppm）
材質試験	鉛	100 以下
	カドミウム	100 以下
溶出試験	重金属	1 以下
	過マンガン酸カリウム消費量	10 以下

備考 1：食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年厚生省告示第 370 号、最終改訂：平成 18 年 3 月 31 日　厚生労働省告示第 201 号）の第 3「器具及び容器包装」の D「器具若しくは容器包装又はこれらの原材料の材質別規格」の 2「合成樹脂製の器具又は容器包装」の一般規格

2：充填材入りふっ素樹脂製品及びディスパージョン含浸製品には、一部試験項目に適合しないものがありますので、食品用途に使用する場合は、製品メーカに確認してください。

4.3 ふっ素樹脂中の重金属等

ふっ素樹脂中の重金属等（Pb：鉛、Cd：カドミウム、Cr：クロム、Hg：水銀、PBB：ポリ臭化ビフェニル、PBDE：ポリ臭化ジフェニルエーテル）含有に関して、協力会員であるふっ素樹脂メーカから、純粋のふっ素樹脂中の重金属などの分析データの提供を受け、日本弗素樹脂工業会 環境委員会として、分析データ一覧表を作成いたしました。(**附属資料Ｃ**参照)

5．廃棄物の処理

ふっ素樹脂製品は一般のプラスチックに比べ使用量及び廃棄処分される量は少ないですが、廃棄物の処分はプラスチック全般の問題であり、特に焼却による環境問題は、社会的に重大さを増しています。ふっ素樹脂製品も一般プラスチックの廃棄処分の動向にそった対策をとる必要があり、次の事項を守ってください。

(1) 都道府県により登録された産業廃棄物収集・運搬・処分業者(廃プラスチック類の許可を有するもの)に処分させる。

(2) 廃棄物排出事業者は当該収集・運搬・処分業者と契約を結ぶ。

(3) ふっ素樹脂廃棄物は埋立処分を行う。(表 2.4 参照) ただし、ふっ素樹脂廃棄物を焼却する場合は、構造基準、維持管理基準を満たした焼却炉であって、燃焼時に発生した熱分解生成物を適切に処理できる装置が設置した場合に限ります。

(4) その他廃棄物の収集・運搬・処分の詳細事項については「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(昭和 45 年法律第 137 号)に基づき行う。

表 2.4 ふっ素樹脂廃棄物埋立処分例

ふっ素樹脂廃棄物区分	廃棄物の分類			
	安定型処分場	管理型処分場	遮断型処分場	注意事項
単体	廃プラ類			単体のふっ素樹脂は安定度が高い物質
充填材含有	廃プラ類			通常の充填材は特定有害物質を含まない
金属複合	金属くず			母体重量比率大につき、母体分類処分
化学物質接触	廃プラ類（洗浄処理品）	使用化学物質区分による		使用化学物質残留の場合には、その化学物質分類で処分
毒物・劇物接触	廃プラ類（中和処理品）	使用化学物質区分による	使用化学物質区分による	使用毒物・劇物残留又は浸透残留の場合は、その物質分類で処分
医学機器	廃プラ類	感染性		病院等の医療機関からの廃棄物は特別管理産業廃棄物として処分
構造材料	母体分類			複合の場合は重量比率大の材質区分で処分
塗料	母体分類			母体の分類で処分

＊ 管理型及び遮断型の分類に属するもので、化学物質、毒物・劇物及び医薬機器に使用したふっ素樹脂は、中和又は洗浄等によって溶出されない場合には安定型廃棄物とすることができます。

第３章　　ふっ素樹脂が使われている調理器具の使用上の注意

１．ふっ素樹脂加工の調理器具

調理器具には、ふっ素樹脂加工されたものが多く使用されていますが、ここで使われているふっ素樹脂は、主にPTFE、PFAです。

これらの樹脂は、熱に対する安定性、化学的不活性及び非粘着性、滑り性の特性があるため、これらの樹脂を加工した調理器具ではこびりつかず、洗浄が容易な器具となります。

このふっ素樹脂加工の調理器具としては、フライパン、鍋、炊飯器、ホットプレート及び餅つき器などがあります。その他、耐熱塗料にふっ素樹脂を配合した加工品に、ジャーポット、グリル天板、天ぷら鍋などがあります。

２．調理器具の使用上の注意

PTFEの使用温度の上限は260℃です。通常調理時の器具温度は150～190℃くらいであり、食用油を熱したとき、煙の出始める温度は約 200℃です。よって、通常の調理温度では十分安全であるといえます。

ふっ素樹脂加工調理器具は、使用開始時に“から焼き”をしないでください。また、“からだき”もしないようにしてください。

“から焼き”や“からだき”をした場合は、260℃を超える高温となり、他のプラスチック同様に分解ガスが発生しますので、火を消すとともに速やかに温度を下げて換気をしてください。また、器具に説明されている所定の使用目的以外に使用しないようにしてください。

３．電磁調理器（IHクッキングヒータ）について

電磁調理器は特殊な加熱方式のため、次のような使用上の問題点が指摘されています。電磁調理器を使用する際に最大火力で予熱や“からだき”をすると、鍋底の温度が短時間で急激に上昇し高温になります。また、推奨されている鍋を使用しなかったり、鍋が平らでなかったりした場合には正確な温度を感知できず過熱するおそれがあります。さらに、底が薄いものや反っているフライパン、鍋を強火で予熱すると赤熱することがあり、調理器具がヒータからずれていたりすると局部的に温度が高くなることなどが報告されています。

電磁調理器には過熱防止機能やずれ感知機能がついており、安全性に配慮が払われていますが、安全に使用できる調理器具には材質、形状、重量などの制約がありますので、電磁調理器や調理器具の取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

特にふっ素樹脂加工された調理器具を使用する際には、最大火力での加熱を極力避け、予熱や“からだき”はしないでください。

ふっ素樹脂加工のフライパンや鍋を用いて炒め物をする場合には、電磁調理器具の加熱目盛は必ず中火をお選びください。食材は加熱前に用意し、初めにフライパンや鍋に十分

油をひいて中火で加熱します。油の香りがしてくれば底の温度は約160℃ですので、これを目安に食材を入れてください。食材の量に応じて火力を調整して調理できます。

強火又は食材が少ないときには激しく加熱されることがあり、鍋底の温度が約 260℃を超え高温になると、ふっ素樹脂から分解ガスが発生しますので、火を消すとともに速やかに温度を下げて換気をしてください。

4．ヒトに対する影響

内閣府食品安全委員会では、食品の安全性に関して、ファクトシート（＊）（科学的知見に基づく概要書）を作成して公表しています。

ふっ素樹脂については、「ヒトに対する影響」を以下のとおり公表しております。

国際がん研究機関（IARC）による評価（1987 年）では、PTFE について、グループ 3「ヒトに対する発がん性について分類できない」とされています。フッ素樹脂自体の経口摂取に関する健康影響の報告は見当たりません。調理器具からはがれ落ちたコーティングの薄片を飲み込んだとしても、体に吸収されず体内をそのまま通過し、ヒトの体にいかなる毒性反応も引き起こさないとされており、動物実験でも、PTFE を 25%含む飼料を 90 日間与えたラットでは有害な影響は見られなかったと報告されています。一方で、PTFE を加熱し過ぎた際に生じる熱分解生成物を吸引すると高い毒性が示されていることが報告されています。PTFE の場合、315～375℃で加熱した時の生成物を吸引した場合にインフルエンザに似た症状を示すとされています。

＊ファクトシート：フッ素樹脂（概要）《作成日：平成 24 年 6 月 14 日》
《最終更新日：平成 24 年 11 月 19 日》

【参考】　　ＰＦＯＳ、ＰＦＯＡについて

1．PFOS について

PFOS とはパーフルオロオクタンスルホン酸及びその塩のことをいいます。PFOS は欧州で使用禁止となっており、国内では 2010 年の「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（昭和 48 年法律第 117 号）（化審法）改正に伴い、第一種特定物質に指定され、規制の対象となっております。

当工業会会員で取り扱っているふっ素樹脂及び製品では、PFOS を使用していません。

2．PFOA について

「PFOA」といった場合は、パーフルオロオクタン酸及びその塩（特にアンモニウム塩）を含むものをいいます。この PFOA は主にふっ素樹脂製造時の反応助剤（重合乳化剤）、一部のふっ素樹脂ディスパージョンやふっ素樹脂塗料の界面活性剤として使用されています。

PFOA は、化審法の旧第二種監視物質、特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（平成 11 年法律第 86 号）（PRTR 法）の第二種指定化学物質（PFOA のある種類）に該当していますが、国内の大気汚染防止法、労働安全衛生法等の適用対象物質にはなっていません。また、欧米においても、法規制の対象となっていません。

しかし、PFOA は、健康影響は定かでないものの環境蓄積性が懸念されますので、樹脂メーカは自主的に、削減計画に取り組んでいます。

ふっ素樹脂製造時に使用する PFOA は、製造段階で、ふっ素樹脂外に排出されるため、日本（会員会社）製ふっ素樹脂中には残っていないか、残っていたとしてもトレース（痕跡）程度と推測されます。

附属資料A

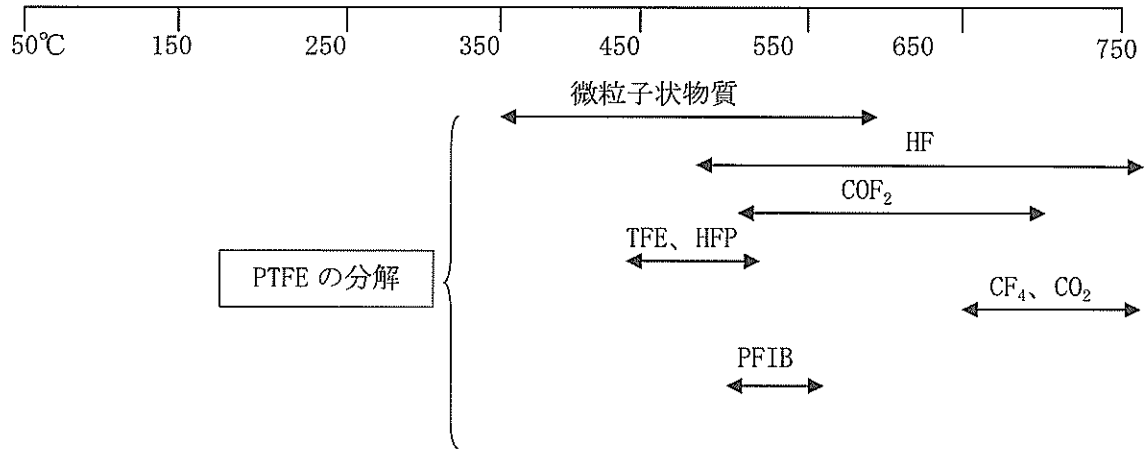
熱 分 解 に つ い て

1．熱分解生成物について

ふっ素樹脂のうち、PTFE に関しては、空気中、不活性ガス中における熱分解生成物に関する文献が多数認められます。まれに PFA、FEP についての文献もありますが、ETFE、PCTFE、ECTFE、PVDF、PVF に関する熱分解生成物の文献は現段階で見当たりません。融点が 250℃以上の PTFE、PFA、FEP、ETFE については、水素、炭素、ふっ素、酸素が組成ですので、PTFE の熱分解生成物と同等と見なしても差し支えないと考えますが、PCTFE、ECTFE については、塩素が含まれるため、熱分解生成物は推測できず、また、融点の低い PVDF、PVF に関しても、どの温度レベルで PTFE と同様な熱分解生成物が発生するか不明です。

下図は、R. S. Warit「 An Industrial Approach to Evaluation of Pyrolysis and Combustion Hazards」(1975) を基に、その他文献を参考にまとめたものであり、PTFE の熱分解生成物を見る上で参考となるでしょう。

なお、PTFE を約 480℃に加熱した場合は、微粒子状物質と HF を主成分とするガス状の物質が発生します。500℃以上への加熱では、更に、極めて毒性の強い PFIB 等のガス状物質が発生します。(Lee&Seidel, 1991; Warit&Kwon, 1968; Makuiova, 1965) ただし、FEP を熱分解した時、400℃以上で PFIB が発生する可能性があり、PTFE 以外のふっ素樹脂についての HF は 460℃未満で発生する可能性があることに留意する必要があるでしょう。



＊ TFE ：四ふっ化エチレン（430℃以上で発生）
HFP ：六ふっ化プロピレン（440℃以上で発生）
HF ：ふっ化水素（460℃以上で発生）
PFIB ：パーフロロイソブチレン（470℃以上で発生）
COF_2 ：ふっ化カルボニル（500℃以上で発生）
CF_4 ：四ふっ化炭素（640℃以上で発生）

2．熱分解生成物の毒性

主な熱分解生成物の毒性は、次のとおりです。

・微粒子状物質の毒性は、サイズ分布によって影響するといわれて、発生直後は、粒子数中央径 15～20nm のナノサイズ分布であったものが、数分後には凝集して 100nm 以上のサイズ分布に移行し、凝集したものは、発生直後の微粒子に比べて毒性を著しく喪失させるといわれています。

・TFE は、毒性が低い。(LC_{50}[注1]：ラット吸入 40,000ppm/4 時間)

・HFP は、毒性が低い。(LC_{50}：マウス吸入 750ppm/4 時間)

・HF は、毒性が高い。(LC_{50}：ラット吸入 1,276ppm/1 時間)

・PFIB は、微量でも毒性は極めて高い。(LC_{50}：ラット吸入 17ppm/10 分)

・COF_2 は、毒性が高い。(LC_{50}：ラット吸入 360ppm/1 時間)

・CF_4 は、毒性が低い。(LCLo[注2]：ラット吸入 895,000ppm/15 分)

注 1：LC_{50} とは、ラット 100 匹中 50 匹を死亡させる致死濃度です。

注 2：LCLo とは、最低致死濃度です。

3．熱分解生成物の人体に対する影響

熱分解生成物の人体に対する影響には、今日まで人体で経験され、観察された症状として「ポリマ煙熱」(ポリマヒューム熱：polymer fume fever) があります。

(1) ふっ素樹脂の熱分解生成物を長時間吸入した場合、あるいは短時間でも濃厚な熱分解生成物を吸入した場合に起こりますが、原因となる熱分解生成物は確認されておりません。推測として、微粒子状物質 (particulate) と考えていますが、動物実験でこの症状を再現することはできません。
この症状は、樹脂の成形加工などにおいて、420℃までの高温のふっ素樹脂ポリマから発する蒸気を不用意に吸入した場合、ふっ素樹脂が付着しているタバコを気付かずに吸った場合などに起こります。

(2) 「ポリマヒューム熱」は、「金属熱 (metal fume fever)」(溶接工その他金属工にみられる金属性蒸気のために起こる発熱) として知られている症状に似た、インフルエンザ状の発熱を来しますが、個人差があります。この症状は、ばく露後、数時間して起きますが、特別な手当をしなくても、48 時間以内で消滅し、後遺症を残さず蓄積もしません。

(3) 万一、この症状を来した場合は、新鮮な空気の部屋で暖かく安静にし、もし、悪寒がひどいようなら医師による酸素吸入の処置をとってください。

附属資料B

換 気 に つ い て

ふっ素樹脂を高温度で安全に取り扱うキーポイントは、換気という単純な一言に尽きるといっても過言ではありません。必要換気量は、分解速度が極めて低い点から、他の加熱された有機化合物の場合よりむしろ少なくてすみます。また、取扱量が少なければ、例え加熱されても自然換気で十分な場合が多く存在します。

高温において、既存の換気設備が適当かどうかは、取り扱う樹脂の量、温度、ばく露時間等の要素の組合せによります。ふっ素樹脂の加熱作業（成型加工、溶接など）を行う場合は、排気ガスを取り除くため、適切な換気を行うことが必要です。

表B.1に通常行われる作業の分類例と各々必要な捕集速度を示し、また、表B.2にフードのタイプと排気量の計算を示します。

表B.1　各種作業における必要な捕集速度

分類	作　　業　　例	捕集速度V(m/s)
1	ふっ素樹脂（パウダ、ペレット）の乾燥 パウダやディスパージョンでの溶剤や水分等の蒸発	（下限）（上限） 0.25～0.50
2	ディスパージョンやパウダのスプレーコーティング ペレットやパウダの定常ブレンド作業 大型ビレットの成型と焼成	0.5～1.0
3	電線被膜、チューブ成型の溶融押出しやペースト押出し成型の押出し焼成 射出成型やトランスファ成型	1.0～2.5
4	成型部品の研磨や機械加工 ふっ素樹脂パウダの乱流域でのミキシング	2.5～10.0

（注）推奨換気速度における下限値／上限値についての目安を下記に示す。

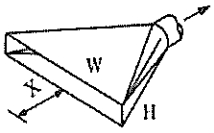
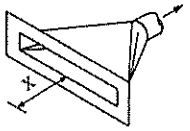
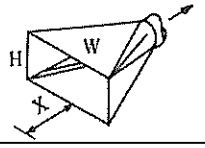
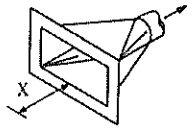
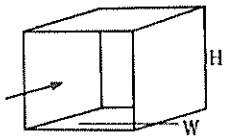
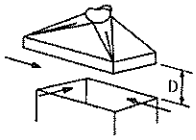
下限値

1．室内の空気の流れが弱いなどの捕集に都合の良い場合
2．断続的で生産量の少ない場合
3．フードが大きい場合（大量の空気の流れがあるから）

上限値

1．室内の空気の流れが乱れている場合
2．生産量が多く、高稼働運転の場合
3．フードが小さい場合（局部だけしかコントロールがきかないから）

表 B.2　フードのタイプと排気量の計算

No.	フードの形状	分類	アスペクト比（H/W）	排気風量(m^3/s)
1		スロット式	0.2 以下	Q=3.7V・W・X
2		フランジ付き スロット式	0.2 以下	Q=2.8V・W・X
3		開口式	0.2 を超える	$Q=V\cdot(10X^2+H\cdot W)$
4		フランジ付き 開口式	0.2 以上又は円筒状	$Q=0.75V\ (10X^2+H\cdot W)$
5		ブース式	現物合わせ	Q=V・H・W
6		天蓋式	現物合わせ	Q=1.4V・D・P

V＝フードの面から X の距離における中心までの速度（m/s）（表 B.1 の V 値）

X＝分解物の発生源からフード面までの距離(m)

Q＝排気風量(m^3/s)

W＝フード開口部の長可方向の幅(m)

H＝フード開口部の短可方向の幅(m)

D＝装置の上面からフードまでの高さ(m)

P＝装置の周辺の長さ(m)

［参考］排気量の計算例：電線被覆押出しの場合

開口部の断面積 0.05㎡の No.3 のフード（開口式）を使用することにします。

押出機の噴出口の上方、0.15m の高さにこのフードを据付け、1m/s の捕集速度が必要だと仮定します。このフードの面で発生するガス全てを取り除くためには、以下の計算から得られるように 0.28㎥/s の排気量が必要です。

$Q=V(10X^2+H\cdot W)=1\times\{10\times(0.15)^2+0.05\}=0.275\ [m^3/s]$

上記の式でガス発生源からフード面までの距離 X は、Q に対して 2 乗で効いていますので影響は大となります。すなわち、X の値を 1/2 にすれば排気量は、半分以下の 0.11 ㎥/s で済みますが、2 倍になると実に 0.95 ㎥/s となり、これは 0.275 ㎥/s の約 3.5 倍の排気量が必要となり、不経済です。

附属資料C

ふっ素樹脂中の重金属等について

ふっ素樹脂中の重金属のデータを表C.1に、PBB、PBDEの分析データを表C.2に示す。

表C.1 純粋のふっ素樹脂中の重金属の分析データ一覧表

(ふっ素樹脂メーカ提供)

ふっ素樹脂名	分析データ (ppm)				分析方法	製造会社名
	Pb	Cd	Cr	Hg		
PTFE	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、ICP-MS法 原子吸光法、紫外-可視分光法	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業、旭硝子
FEP	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、原子吸光法	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業
PFA	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、原子吸光法、紫外-可視分光法	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業、旭硝子
ETFE	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、原子吸光法、紫外-可視分光法	ダイキン工業、旭硝子
PCTFE	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、原子吸光法	ダイキン工業
PVDF	＜5	＜5	＜5	＜5	ICP-AES法、原子吸光法、紫外-可視分光法	ダイキン工業、クレハ

注1) 前処理は、樹脂中の金属を完全に抽出できる方法で行った。

注2) 分析データは、分析方法により、定量下限が異なるため、定量下限が最大のものを使用した。

注3) 分析機関は、㈱三井化学分析センター、㈱クレハ分析センター、㈱松下テクノリサーチ、SGSジャパン(株)グリーンテスティングセンターである。

表C.2 純粋のふっ素樹脂中のPBB、PBDEの分析データ一覧表

(ふっ素樹脂メーカ提供)

ふっ素樹脂名	分析データ (ppm)		分析方法	製造会社名
	PBB	PBDE		
PTFE	Br-＜5 ＜5	Br-＜5 ＜5	Br-のｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業、旭硝子
FEP	Br-＜5 ＜5	Br-＜5 ＜5	Br-のｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業
PFA	Br-＜5 ＜5	Br-＜5 ＜5	Br-のｲｵﾝｸﾛﾏﾄｸﾞﾗﾌ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、ダイキン工業、旭硝子
ETFE	＜5	＜5	GC-MS	ダイキン工業、旭硝子
PCTFE	＜5	＜5	GC-MS	ダイキン工業
PVDF	＜5	＜5	GC-MS	ダイキン工業、クレハ

注) 分析データは、表C.1の注記と同様である。

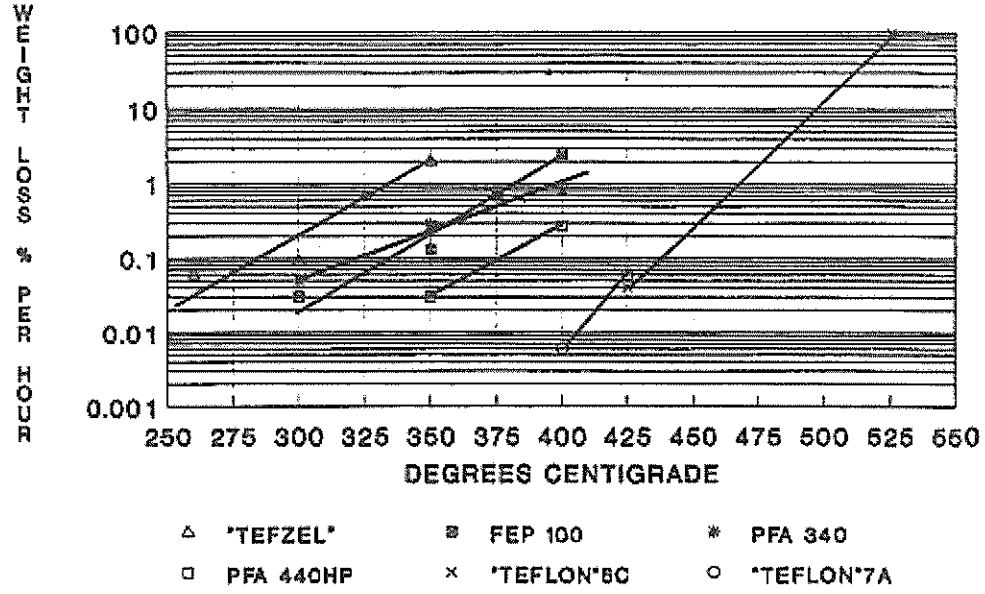
附属資料D

ふっ素樹脂の重量損失について

1．空気中で加熱した時の重量損失%(SPI)

SPI(米国プラスチック工業協会)発行「ふっ素樹脂安全取扱ガイド」記載温度と重量損失%／時間の関係を下図に示す。

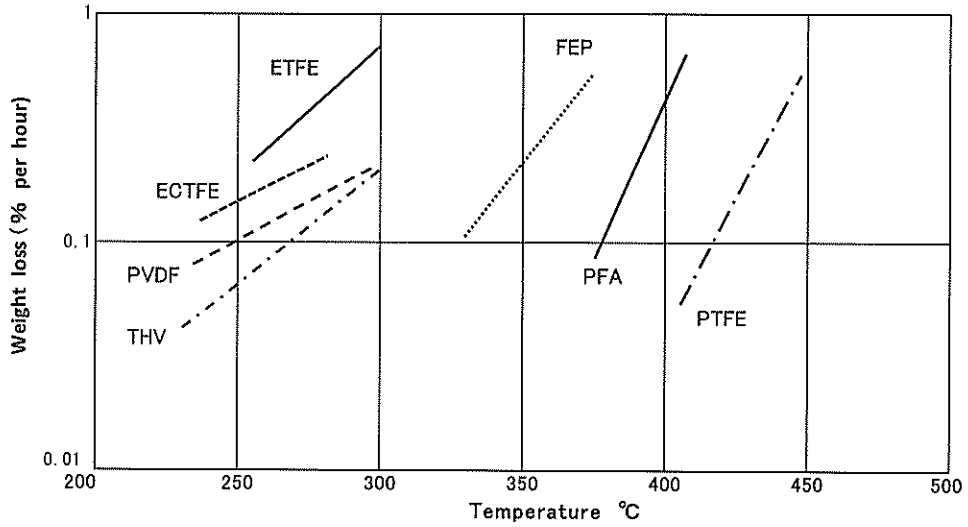
なお、TEFZEL®は、ETFEの商品名であり、TEFLON®6Cは、PTFEファインパウダの商品名、TEFLON®7Aは、PTFEモールディングパウダの商品名である。



2．空気中で加熱したふっ素樹脂の重量損失 (Plastics Europe)

Plastics Europe (欧州プラスチック製造者協会)発行「ふっ素樹脂の安全取扱ガイド」記載のふっ素樹脂の温度と重量損失の関係を下図に示す。

なお、下図中のTHVはテトラフルオロエチレン－ヘキサフルオロプロペン－ビニリデンフルオロライドコポリマである。



※上記1．及び2．の図の掲載について、快く許可していただいたSPI及びPlastics Europeに対し、謝意を表す。

ふっ素樹脂製品取扱マニュアル編集委員（環境委員会）

委員長	中　野　愛　治	中興化成工業（株）
委　員	戸　塚　優　子	ニチアス（株）
	山　根　啓　二	日建塗装工業（株）
	小　池　久　吉	日東電工（株）
	竹　山　　亮	（株）フロロコート
	田　中　義　信	東邦化成（株）
	中　西　智　昭	日本フッソ工業（株）
	三　國　　康	（株）喜多村
	関　根　洋　文	淀川ヒューテック（株）
	増　田　昭　宏	日本ピラー工業（株）
	井　手　　哲	ダイキン工業（株）
	髙　田　松　典	三井・デュポンフロロケミカル（株）
	中　島　義　勝	旭硝子（株）
	鈴　木　啓一郎	（株）クレハ

ふっ素樹脂製品取扱マニュアル

発　行　　２０１３年（平成２５年）３月（改訂９版）

編　者　　**JFIA** 日本弗素樹脂工業会・環境委員会

発行所　　日本弗素樹脂工業会
〒102-0073　東京都千代田区九段北１－７－５
（九段飯田ビル３階）
TEL: 03-6272-4579　FAX：03-5226-2344
URL: http://www.jfia.gr.jp/
E-mail: mail@jfia.gr.jp

［禁無断転載］